

基于 OpenGL 的海面场景模拟

梁梦洁¹, 石万¹, 薛万军²

(1. 西安电子科技大学 电子工程学院, 陕西 西安 710071; 2. 二滩水力发电厂 电力运行部, 四川 攀枝花 617000)

摘要 研究海面场景的三维模拟技术。针对军事试验中对海面场景的需要, 从分析海浪的物理模型出发, 分析和研究基于海浪谱的海面建模方法, 选取 Pierson - Moskowitz 海浪谱, 利用具有平台独立性的 OpenGL 图形库对海面场景进行模拟, 快速实时有效地模拟了, 不同风速下的海面场景。

关键词 三维模拟; 海浪谱; OpenGL

中图分类号 TP391.9 文献标识码 A 文章编号 1007-7820(2013)03-128-03

Sea Surface Simulation Based on OpenGL

LIANG Mengjie¹, SHI Wan¹, XUE Wanjun²

(1. School of Electronic Engineering, Xidian University, Xi'an 710071, China;

2. Department of Electricity Operation, Er Tan Hydroelectric Power Plant, Panzhihua 617000, China)

Abstract The three-dimensional simulation technology is studied. This article analyzes the physical model of sea wave and studies the model of sea surface based on the sea spectra for the need of the sea scenes in military experiments. The Pierson-Moskowitz sea spectra are selected to simulate the sea scenes. The platform-Independent OpenGL graphic base can simulate sea scenes under different air speeds effectively and simultaneously.

Keywords three-dimensional simulation; Pierson-Moskowitz sea spectra; OpenGL

近年来, 三维模拟在计算机游戏、广告、影视、国防科技等视觉仿真领域得到了广泛应用。随着军事科技的发展, 三维模拟技术在国防事业中的重要性日益剧增。由于自然景物的随意性和复杂性, 模拟自然景物成为计算机图形中最具挑战性的研究方向。众所周知, 海浪现象是一种复杂的自然现象, 它的形成除了受其自身的动力影响以外, 风、温度、日月的吸引力、地震等都会对其造成影响。目前, 较常用的海浪建模方法主要有: 基于流体力学的建模方法、基于几何造型的建模方法、基于动力模型的建模方法、基于分形的建模方法、基于海浪谱的建模方法。文中的海浪建模主要考虑风对海浪形成的作用, 采用海浪谱模型, 通过 OpenGL 仿真实现动态海面场景的模拟。

1 基于海浪谱的三维海浪模型

20 世纪 40 年代初, 海洋动力学家 Neumann 及 Pierson 等人提出了用随机过程理论来分析海浪的方法, 即谱分析法。经过大量研究和观察表明: 海浪属于

狭带谱的正态随机过程, 它的幅值服从瑞利分布。基于此人们提出了多种描述海浪的模型, 如: Longuet - Higgins 模型^[1], 该模型用多个随机余弦波的叠加, 来描述海面上一个固定点的水面波动 $\eta(x, z, t)$

$$\eta(x, z, t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} \cos(w_i t - k_i [x \cos \theta_j + y \sin \theta_j]) + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

式中, a_{ij} 、 w_i 、 k_i 、 θ_j 、 ε_{ij} 分别表示第 i 个频率、第 j 个方向的组成波的振幅、圆频率、波数、方向角和初始相位; (x, z) 为波点位置; t 为时间矢量。其中 x, z 通常可取为, 而 ε_n 为在 $0 \sim 2\pi$ 范围内均匀分布的随机数。

式(1)中 a_{ij} 可由海浪谱反演理论得到

$$a_{ij} = \sqrt{2S(w_i, \theta_j) \Delta \theta \Delta w} \quad (2)$$

其中

$$S(w_i, \theta_j) = S(w_i) G(w_i, \theta_j) \quad (3)$$

式(3)中, $S(w_i)$ 为频谱, $G(w_i, \theta_j)$ 为方向函数。在模拟海浪时采用具有单一参数的 Pierson - Moskowitz 模型, 简称 PM 谱^[2-3]

$$s(w) = \frac{ag^2}{w} \exp \left[-\beta \left(\frac{g}{Uw} \right)^4 \right] \quad (4)$$

其中, $a = 8.1 \times 10^{-3}$ 为 Phillips 常数, $\beta = 0.74$; g 为重力加速度。 U 为海面上 19.5 m 高处的风速。由 $\frac{\partial S(w)}{\partial w} = 0$, 可求得谱峰频率为

收稿日期: 2012-09-24

作者简介: 梁梦洁(1988—), 女, 硕士研究生。研究方向: 图像处理。E-mail: 695811907@qq.com。石万(1989—), 男, 硕士研究生。研究方向: 图像处理。薛万军(1986—), 男, 助理工程师。研究方向: 电子设计。

$$w_{PM} = 8.565/U \quad (5)$$

根据 SWOP (Stereo Wave Observation Project) 可得^[4]

$$G(w, \theta) \begin{cases} \frac{1}{\pi}(1 + A\cos 2\theta + B\cos 4\theta), & |\theta| \leq \pi/2 \\ 0, & |\theta| > \pi/2 \end{cases} \quad (6)$$

其中

$$A = \left(0.5 + 0.82 \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{w}{w_{PM}} \right)^4 \right] \right) \quad (7)$$

$$B = 0.32 \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{w}{w_{PM}} \right)^4 \right] \quad (8)$$

2 OpenGL 实现动态海面

OpenGL 作为一个图形硬件的软件接口,不提供描述三维物体模型的高级函数,如绘制船舶、波浪等的函数。使用 OpenGL,必须由一系列简单的点,直线和多边形等几何图元的组合来建立需要的模型^[5]。

在 OpenGL 场景初始化时,首先将海面绘制区分割成 $N \times M$ 个均匀网格,其中 N 和 M 的值越大,网格越密集,仿真效果越逼真,但相应的计算量也会大幅增加,影响画面的实时效果。文中经过多次试验,结果显示取 $N = 64, M = 64$ 产生的仿真效果最佳。网格中每个顶点对应的坐标、幅值都存储在 $\text{points}[N][M][3]$ 中, points 三维数组中对应的 $\text{points}[n][m][0], \text{points}[n][m][1], \text{points}[n][m][2]$ 分别代表第 n 行、第 m 列的点应在海面绘制区的 x, y, z 轴的值,其中 $\text{points}[n][m][2]$ 为海浪的瞬高度。 $\text{points}[n][m][2]$ 的值由式(1)计算得出。则随着 OpenGL 每一帧都对海面进行重新绘制,通过改变式(1)中的时间,即每重画一帧都给时间 t 加上相应的时间间隔 Δt ,达到绘制动态海面的效果。

上述过程仅实现了海面的动态效果,为使绘制的场景更加逼真,还需要选择合适的纹理图对绘制的海域进行贴图。选择与海水颜色接近的蓝色图片,最好带有细小的波纹,可以弥补仿真时网格过大引起的失真。在 OpenGL 中,纹理图片的大小通常为 2^n ,文中取图片大小为 256×256 。

3 结论分析

根据上述理论和方法,在 Windows XP 平台上实现了对海面场景的实时模拟,实验环境为 Visual Studio 2008 和 OpenGL;硬件配置:Pentium 4 主频 1.6 GHz,内存 1 GB。如下图所示,图 1~图 4 分别为海面水深一定时,风速 $U = 1.0 \text{ m/s}; U = 2.0 \text{ m/s}; U = 3 \text{ m/s}; U = 4 \text{ m/s}$ 时波浪的大小。



图 1 $U = 1.0 \text{ m/s}$

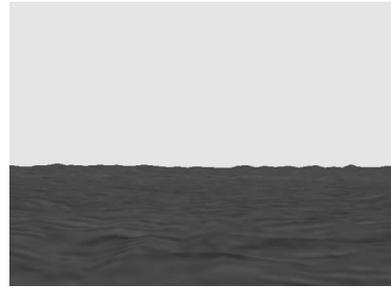


图 2 $U = 2.0 \text{ m/s}$

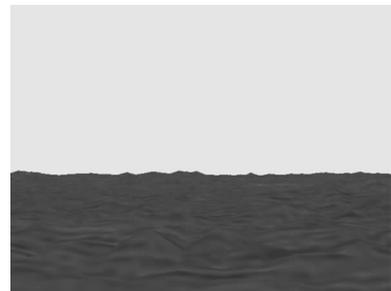


图 3 $U = 3 \text{ m/s}$

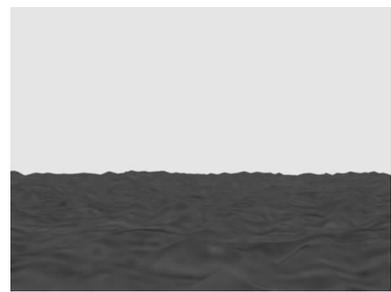


图 4 $U = 4 \text{ m/s}$

4 结束语

从 Longuet-Higgins 海浪谱模型出发,根据海浪的功率谱密度,采用对多个随机正弦波迭加来模拟动态海面,通过调整波浪纹理贴图及海浪谱中的相关参数,最终实现了动态海面场景实时、逼真的可视化仿真。文中详细介绍了基于 OpenGL 仿真海面场景的计算机仿真方法,无论是海面场景的实时性还是逼真度都有大幅提高。

(下转第 133 页)

从图1和图2可以看出,GECA算法在网络存活节点数以及网络运行过程中的剩余总能量都明显优于LEACH和LEACH-C算法,有效延长网络的生命周期,解决了LEACH算法簇头个数不确定,簇头位置最优化不完全等问题。与LEACH-C相比,NGECA算法有效解决了LEACH-C中对基站过高的依赖性。

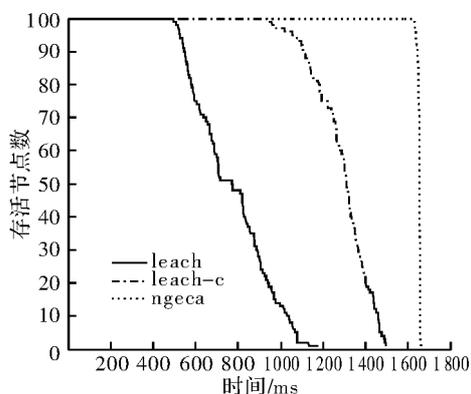


图1 网络存活节点个数比较

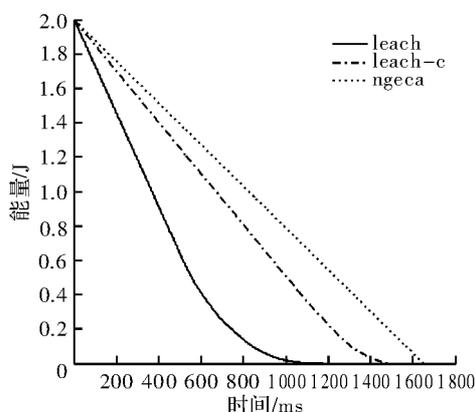


图2 网络剩余能量比较

5 结束语

对无线传感器网络分簇算法LEACH协议和LEACH协议进行重点分析,针对LEACH协议簇头数目不选取的随机性导致分均匀分簇造成的能量损耗问题,以及LEACH-C协议过分依赖簇头所造成的分簇开销、时间延迟和信号干扰的增大,设计了一种基于节点的地理位置和能量的分簇算法NGECA。通过仿真实验比较,说明NGECA算法在节点存活个数和网络剩余总能量上都明显优于LEACH和LEACH-C协议,有效延长了网络的生存周期。但延迟方面还需进一步改进,并且也没有考虑安全因素,下一步将对能量高效的路由协议安全性作进一步讨论。

参考文献

- [1] WENDI R H, ANANTHA C, HARI B. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor network [C]. Washington: IEEE Proceedings of the Hawaii International Conference on System Science, 2000: 3005 - 3014.
- [2] 何延杰, 李腊元, 邢明彦. WSN中一种能量均衡的分簇路由协议的设计[J]. 传感技术学报, 2009, 22(10): 1510 - 1514.
- [3] HEINZELMAN W B, CHANDRAKASAN A P, BALAKRISHNAN H. An application specific protocol architecture for wireless microsensor networks [J]. IEEE Transaction on Wireless Communications, 2002, 1(4): 660 - 670.
- [4] 沈波, 张世永, 钟亦平. 无线传感器网络分簇路由协议[J]. 软件学报, 2006, 17(7): 1588 - 1600.
- [5] 韩万强, 刘云. WSN中基于分簇的改进路由协议[J]. 计算机工程, 2012, 38(5): 105 - 107.
- [6] 潘雪峰, 李腊元, 何延杰. 低功耗无线传感器网络路由协议研究[J]. 计算机工程与设计, 2012, 33(4): 1347 - 1351.

(上接第129页)

自然界中的海面场景受物理因素的影响,变化多端,形态各异。文中的方法只是初步的模拟了在风的作用下,海面呈现的不同状态。因此当要求天气情况比较复杂时还不能满足需求,今后可以在文中方法的基础上进一步的改善和提高,以满足武器试验时对不同场景的需求。

参考文献

- [1] 俞聿修. 随机波浪及其工程应用[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1992.

- [2] BOCCOTTI P. A method to obtain the directional wave spectrum [J]. Ocean Engineering, 2004(31): 539 - 545.
- [3] TESSENDORF J. Simulating ocean water [C]. New York: Proceeding of ACM SIGGRAPH, 1999: 348 - 367.
- [4] 吴家铸, 党岗. 视景仿真技术及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.
- [5] 潘雨田, 马新谋, 杨栋. 三维随机波浪的数值仿真研究[J]. 火炮发射与控制学报, 2012(3): 5 - 8.